

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет физико-технический



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

 Т.А. Хагуров

«31» мая 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.13.05 Основы атомной и квантовой физики

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 11.03.04

Электроника и нанoeлектроника

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация

Интегральная электроника, фотоника и нанoeлектроника

*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация бакалавр

Рабочая программа дисциплины Б1.О.13.05 Основы атомной и квантовой физики составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) № 931 от 19.09.2017 по направлению подготовки / специальности 11.03.04  
Электроника и нанoeлектроника

код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):

Н. А. Яковенко, профессор,

д-р техн. наук, проф.

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание

  
подпись

В. Е. Лысенко, ст. преп.

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание

  
подпись

Рабочая программа дисциплины \_\_\_\_\_ утверждена на заседании кафедры \_\_\_\_\_ оптоэлектроники \_\_\_\_\_

протокол № 9 « 12 » апреля 2024 г.

Заведующий кафедрой Яковенко Н. А.

фамилия, инициалы

  
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета/института \_\_\_\_\_

протокол № 5 « 18 » апреля 2024 г.

Председатель УМК факультета/института Богатов Н.М.

фамилия, инициалы

  
подпись

Рецензенты:

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «КубГУ».

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания».

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

формирование у студентов научного мировоззрения, получение базовых знаний о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на атомно-молекулярном и ядерном уровне, необходимых для понимания и использования в инженерно-технических разработках.

### 1.2 Задачи дисциплины

1) Изучение базовых понятий атомной, субатомной и квантовой физики, истории развития атомной, субатомной и квантовой физики, экспериментальных методов исследования внутреннего строения атомов, молекул, кристаллов и ядер.

2) Изучение основных понятий волновой механики и особенности подхода к изучению и описанию явлений в атомных ядрах и электронных оболочках.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина логически и содержательно связана с дисциплинами модулей «Математика», «Общая физика», «Общий физический практикум». Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения узкоспециальных дисциплин.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование индикатора* достижения компетенции  | Результаты обучения по дисциплине<br>( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )  |
|--|---|
| <b>ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</b>                   |   |
| ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации            | Определения и единицы измерения физических величин, характеризующих свойства электромагнитного излучения, атома и его электронной оболочки, атомного ядра и элементарных частиц, а также физические законы, связывающие эти величины. |
| ОПК-1.2 Способен применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера                            | Описывать явления, связанные с изменением и преобразованием физических систем на основе физических законов, описывающих общие и специфические свойства квантовых систем.  |
| ОПК-1.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач   | Получать численные значения характеристик физических систем на основе физических законов, описывающих общие и специфические свойства квантовых систем.  |
| <b>ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</b> |   |
| ОПК-2.1 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи   | Осуществлять выбор теоретических разделов, содержащих основную информацию о свойствах изучаемых систем.   |
| ОПК-2.2 Способен выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования  | Осуществлять подбор оборудования для измерения величин, характеризующих предмет исследования, на основании информации о функционировании приборов.  |
| ОПК-2.3 Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений   | Осуществлять численное и графическое представление результатов измерений величин, характеризующих предмет исследования, а также выполнить прогноз о поведении системы в измененных условиях.  |

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

| Виды работ  | Всего часов                          | Форма обучения   |                |             |
|---|--------------------------------------|------------------|----------------|-------------|
|   |                                      | очная            | очно-заочная   | заочная     |
|   |                                      | 4 семестр (часы) | семестр (часы) | курс (часы) |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>  | <b>96,3</b>                          | <b>96,3</b>      |                |             |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>  | <b>96</b>                            | <b>96</b>        |                |             |
| занятия лекционного типа  | 32                                   | 32               |                |             |
| лабораторные занятия  | 48                                   | 48               |                |             |
| практические занятия  | 16                                   | 16               |                |             |
| <b>Иная контактная работа:</b>  |                                      |                  |                |             |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)   | 3                                    | 3                |                |             |
| Промежуточная аттестация (ИКР)  | 0,3                                  | 0,3              |                |             |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>   | <b>9</b>                             | <b>9</b>         |                |             |
| Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)   |                                      |                  |                |             |
| Контрольная работа  |                                      |                  |                |             |
| Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)  |                                      |                  |                |             |
| Реферат/эссе (подготовка)   |                                      |                  |                |             |
| Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.) | 9                                    | 9                |                |             |
| Подготовка к текущему контролю  |                                      |                  |                |             |
| <b>Контроль:</b>  | <b>35,7</b>                          | <b>35,7</b>      |                |             |
| Подготовка к экзамену   |                                      |                  |                |             |
| <b>Общая трудоёмкость</b>   | <b>час.</b>                          | <b>144</b>       | <b>144</b>     |             |
|   | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>96,3</b>      | <b>96,3</b>    |             |
|   | <b>зач. ед</b>                       | <b>4</b>         | <b>4</b>       |             |

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 4 семестре (2 курсе) (очная форма обучения)

| №   | Наименование разделов (тем)                     | Количество часов |                   |    |    |                      |
|-----|---|------------------|-------------------|----|----|----------------------|
|     |   | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа |
|     |   |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                      |
| 1.  | <i>Введение в атомную физику</i>                | 11,5             | 2                 | 1  | 8  | 0,5                  |
| 2.  | <i>Планетарная модель атома Резерфорда–Бора</i> | 19,5             | 2                 | 1  | 16 | 0,5                  |
| 3.  | <i>Корпускулярно-волновой дуализм свойств.</i>  | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 4.  | <i>Основы квантовой теории.</i>                 | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 5.  | <i>Квантовая теория атома водорода</i>          | 11,5             | 2                 | 1  | 8  | 0,5                  |
| 6.  | <i>Многоэлектронные атомы</i>                   | 4                | 2                 | 1  |    | 1                    |
| 7.  | <i>Молекулярные спектры и химическая связь</i>  | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 8.  | <i>Оптические квантовые генераторы</i>          | 12               | 2                 | 1  | 8  | 1                    |
| 9.  | <i>Введение в физику ядра и частиц</i>          | 11,5             | 2                 | 1  | 8  | 0,5                  |
| 10. | <i>Основные характеристики ядер.</i>            | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 11. | <i>Детекторы и источники частиц</i>             | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 12. | <i>Радиоактивность</i>                          | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 13. | <i>Ядерные превращения</i>                      | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 14. | <i>Взаимодействие частиц со средой</i>          | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 15. | <i>Краткие сведения о ядерных моделях</i>       | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
| 16. | <i>Элементарные частицы</i>                     | 3,5              | 2                 | 1  |    | 0,5                  |
|     | <i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>             | 105              | 32                | 16 | 48 | 9                    |
|     | Контроль самостоятельной работы (КСР)           | 3                |                   |    |    |                      |
|     | Промежуточная аттестация (ИКР)                  | 0,3              |                   |    |    |                      |
|     | Подготовка к текущему контролю                  | 35,7             |                   |    |    |                      |
|     | Общая трудоемкость по дисциплине                | 144              |                   |    |    |                      |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела (темы)                     | Содержание раздела (темы)  | Форма текущего контроля |
|----|---|--|-------------------------|
| 1. | <i>Введение в атомную физику</i>                | Предмет и задачи атомной физики. Микромир. Масштабы. Тепловое излучение: классический и квантовый подход. Фотоэффект: его виды и законы. Формула Эйнштейна. Давление излучения. Излучение Вавилова–Черенкова. Эффект Комптона. Экспериментальные данные о строении атома. Спектральные серии водородоподобных систем. Формула Бальмера. Комбинационный принцип Ритца, термы. | УО                      |
| 2. | <i>Планетарная модель атома Резерфорда–Бора</i> | Классическая модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния альфа-частиц. Планетарная модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Элементарная теория атома водорода Нильса Бора. Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца. Недостатки теории Бора.                             | УО                      |
| 3. | <i>Корпускулярно-волновой дуализм свойств.</i>  | Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение, дифракция электронов, атомов, нейтронов. Опыты Девиссона–Джермера и Томсона.  | УО                      |

|    |  |  |    |
|----|--|--|----|
|    |  | Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств. Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Условие возможности одновременного измерения физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.  |    |
| 4. | <i>Основы квантовой теории.</i>                | Характерные задачи квантовой механики. Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный порог. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект. Линейный гармонический осциллятор.   | УО |
| 5. | <i>Квантовая теория атома водорода</i>         | Квантово-механическое описание атома водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Энергетический спектр. Правила отбора. Нормальное состояние атома. Символика состояний электрона в атоме. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное доказательство существования спина, опыты Штерна–Герлаха. Орбитальные магнитный и механический моменты. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие. | УО |
| 6. | <i>Многоэлектронные атомы</i>                  | Спектры щелочных металлов. Правила отбора и спектральные серии. Общие принципы описания многоэлектронного атома. Принцип Паули и его квантово-механическая формулировка. Атомные оболочки и подоболочки. Суммарные орбитальный, спиновый и полный моменты многоэлектронного атома. Заполнение электронных оболочек в атомах. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация и правила Хунда. Характеристическое рентгеновское излучение. Серии в спектрах характеристического излучения. Закон Мозли. Особенности спектра поглощения. Тонкая структура рентгеновских спектров.       | УО |
| 7. | <i>Молекулярные спектры и химическая связь</i> | Строение, свойства и спектры молекул. Ионный и ковалентный типы химической связи. Виды движений в молекуле и типы молекулярных спектров. Классификация электронных состояний молекул. Правило отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах. Элементы квантовой статистики. Системы тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Статистические распределения Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. Электроны в кристаллах. Энергия Ферми. Физические основы сверхпроводимости и сверхтекучести и их квантовая природа.   | УО |
| 8. | <i>Оптические квантовые генераторы</i>         | Вынужденное (индуцированное) излучение. Оптические квантовые генераторы (лазеры). Важнейшие типы лазеров. Основные компоненты лазера. Свойства лазерного излучения.  | УО |

|     |   |  |    |
|-----|---|--|----|
| 9.  | <i>Введение в физику ядра и частиц</i>    | История открытий в физике ядра и частиц. Открытие радиоактивности, электрона, ядра, альфа-частиц и их идентификация, нейтрона, нейтрино, лептонов, мезонов на фоне развития квантовых и волновых представлений.  | УО |
| 10. | <i>Основные характеристики ядер.</i>      | Заряд, размеры, и массы ядер. Энергия связи и дефект массы. Квадрупольный электрический момент ядра. Магнитные моменты нуклонов. Спин ядра. Сверхтонкая структура спектральных линий. Изотопический сдвиг. Четность волновой функции.                      | УО |
| 11. | <i>Детекторы и источники частиц</i>       | Газоразрядные счетчики. Сцинтилляционные счетчики. Калориметры. Трековые детекторы, камера Вильсона, пузырьковая камера, искровая камера, ядерные фотоэмульсии.<br>Линейные ускорители. Бетатрон. Циклотрон. Фазотрон. Синхротрон. Ускорение нейтронов.    | УО |
| 12. | <i>Радиоактивность</i>                    | Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер распада. Виды и законы распада. Период полураспада, постоянная распада, активность источника.  | УО |
| 13. | <i>Ядерные превращения</i>                | Сечение реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях.<br>Спонтанное и вынужденное деление ядер. Энергия активации. Цепная ядерная реакция. Коэффициент размножения.<br>Синтез легких ядер. Ядерные реакции в звездах. Происхождение химических элементов. | УО |
| 14. | <i>Взаимодействие частиц со средой</i>    | Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество. Прохождение легких заряженных частиц через вещество. Прохождение гамма-квантов через вещество. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрические величины.                              | УО |
| 15. | <i>Краткие сведения о ядерных моделях</i> | Ядерные модели, их классификация. Капельная модель ядра. Полуэмпирическая формула Вейцзеккера для энергии связи ядра. Оболочечная модель ядра. Обобщенная модель ядра.   | УО |
| 16. | <i>Элементарные частицы</i>               | Типы взаимодействия и классификация частиц. Частицы и античастицы. Законы сохранения, регулирующие превращения частиц. Систематика элементарных частиц. Стандартная модель.  | УО |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

| №  | Наименование раздела (темы)  | Тематика занятий/работ  | Форма текущего контроля |
|----|--|---|-------------------------|
| 1. | <i>Введение в атомную физику. Планетарная модель атома Резерфорда–Бора</i> | Фотоэффект: его виды и законы. Формула Эйнштейна. Эффект Комптона.<br>Спектральные серии водородоподобных систем. Формула Бальмера. Комбинационный принцип Ритца, термы.<br>Рассеяние альфа-частиц в опыте Резерфорда.<br>Элементарная теория атома водорода Нильса Бора. | <i>Решение задач</i>    |
| 2. | <i>Корпускулярно-волновой дуализм свойств. Основы квантовой теории.</i>    | Волна де Бройля. Дифракция электронов.<br>Временное и стационарное уравнения Шредингера.<br>Движение свободной частицы.<br>Соотношение неопределенностей Гейзенберга.   | <i>Решение задач</i>    |

|                            |   |  |                      |
|----------------------------|---|--|----------------------|
|                            |   | Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.   |                      |
| 3.                         | <i>Квантовая теория атома водорода. Многоэлектронные атомы</i>                  | Физический смысл квантовых чисел. Правила отбора. Символика состояний электрона в атоме. Орбитальный и собственный механический моменты. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Общие принципы описания многоэлектронного атома. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Характеристическое рентгеновское излучение. Серии в спектрах характеристического излучения. Закон Мозли. | <i>Решение задач</i> |
| 4.                         | <i>Молекулярные спектры и химическая связь. Оптические квантовые генераторы</i> | Электроны в кристаллах. Энергия Ферми. Основные компоненты лазера. Свойства лазерного излучения.   | <i>Решение задач</i> |
| 5.                         | <i>Введение в физику ядра и частиц. Основные характеристики ядер</i>            | Заряд, размеры, и массы ядер. Дефект массы и энергия связи.  | <i>Решение задач</i> |
| 6.                         | <i>Детекторы и источники частиц. Радиоактивность</i>                            | Счетчики. Калориметры. Трековые детекторы, ядерные фотоэмульсии. Виды и законы распада. Период полураспада, постоянная распада. Активность источника.  | <i>Решение задач</i> |
| 7.                         | <i>Ядерные превращения. Взаимодействие частиц со средой</i>                     | Сечение реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Спонтанное и вынужденное деление ядер. Цепная ядерная реакция. Коэффициент размножения. Дозиметрические величины.   | <i>Решение задач</i> |
| 8.                         | <i>Краткие сведения о ядерных моделях. Элементарные частицы</i>                 | Формула Вейцеккера для энергии связи ядра. Законы сохранения, регулирующие превращения частиц.   | <i>Решение задач</i> |
| <i>Лабораторные работы</i> |   |  |                      |
| 9.                         | <i>Введение в физику ядра и частиц</i>  | Лабораторная работа № 1. Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона   | <i>ЛР</i>            |
| 10.                        | <i>Планетарная модель атома Резерфорда–Бора</i>                                 | Лабораторная работа № 2. Опыт франка и герца   | <i>ЛР</i>            |
| 11.                        | <i>Оптические квантовые генераторы</i>  | Лабораторная работа № 3. Изучение неон-гелиевого лазера  | <i>ЛР</i>            |
| 12.                        | <i>Планетарная модель атома Резерфорда–Бора</i>                                 | Лабораторная работа № 4. Изучение серийных закономерностей в спектре атома водорода  | <i>ЛР</i>            |
| 13.                        | <i>Многоэлектронные атомы</i>   | Лабораторная работа № 5. Изучение тонкой структуры линий спектра атома натрия  | <i>ЛР</i>            |
| 14.                        | <i>Введение в физику ядра и частиц</i>  | Лабораторная работа № 6. Погрешности при ядерно-физических измерениях  | <i>ЛР</i>            |
| 15.                        | <i>Детекторы и источники частиц</i>   | Лабораторная работа № 7. Изучение газоразрядного счётчика  | <i>ЛР</i>            |



|     |  |  |    |
|-----|--|--|----|
| 16. | <i>Детекторы и источники частиц</i>    | Лабораторная работа № 8. Изучение сцинтилляционного детектора  | ЛР |
| 17. | <i>Детекторы и источники частиц</i>    | Лабораторная работа № 9. Определение активности источника  | ЛР |
| 18. | <i>Детекторы и источники частиц</i>    | Лабораторная работа № 10. Изучение сцинтилляционного гамма-спектрометра                              | ЛР |
| 19. | <i>Взаимодействие частиц со средой</i> | Лабораторная работа № 11. Изучение распространения бета-излучения в некоторых материалах и в воздухе | ЛР |
| 20. | <i>Взаимодействие частиц со средой</i> | Лабораторная работа № 12. Изучение углового распределения космических лучей                          | ЛР |
| 21. | <i>Взаимодействие частиц со средой</i> | Лабораторная работа № 13. Дозиметрические величины и их измерения                                    | ЛР |

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т), устный опрос (УО) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС       | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы   |
|---|---------------|---|
| 1 | Решение задач | <i>Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Основы атомной и квантовой физики», утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № ___ от _____ г.</i> |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 17. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «*Основы атомной и квантовой физики*».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий* и **промежуточной аттестации** в форме заданий к зачету вопросов и заданий к экзамену.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

| № п/п | Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)   | Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)   | Наименование оценочного средства |                          |
|-------|---|---|----------------------------------|--------------------------|
|       |   |   | Текущий контроль                 | Промежуточная аттестация |
| 1     | ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации | Определения и единицы измерения физических величин, характеризующих свойства электромагнитного излучения, атома и его электронной оболочки, атомного ядра и элементарных частиц, а также физические законы, связывающие эти величины. | <i>Контрольная работа</i>        | <i>Экзамен</i>           |
| 2     | ОПК-1.2 Способен применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера                  | Описывать явления, связанные с изменением и преобразованием физических систем на основе физических законов, описывающих общие и специфические свойства квантовых систем.  | <i>Контрольная работа</i>        | <i>Экзамен</i>           |
| 3     | ОПК-1.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении   | Получать численные значения характеристик физических систем на основе физических законов, описывающих   | <i>Контрольная работа</i>        | <i>Экзамен</i>           |

|   |  |  |                     |                            |
|---|--|--|---------------------|----------------------------|
|   | практических задач   | общие и специфичные свойства квантовых систем.   |                     |                            |
| 4 | ОПК-2.1 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи                 | Осуществлять выбор теоретических разделов, содержащих основную информацию о свойствах изучаемых систем.  | Лабораторная работа | Защита лабораторной работы |
| 5 | ОПК-2.2 Способен выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования                | Осуществлять подбор оборудования для измерения величин, характеризующих предмет исследования, на основании информации о функционировании приборов.   | Лабораторная работа | Защита лабораторной работы |
| 6 | ОПК-2.3 Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений | Осуществлять численное и графическое представление результатов измерений величин, характеризующих предмет исследования, а также выполнить прогноз о поведении системы в измененных условиях. | Лабораторная работа | Защита лабораторной работы |

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**  
**Примерный перечень вопросов и заданий**

### **Контрольная работа**

#### *Вариант 1*

1 Покоившийся атом водорода поглотил фотон, в результате чего электрон, находившийся на второй боровской орбите, вылетел из атома со скоростью  $6 \cdot 10^5$  м/с. Найти частоту поглощенного фотона.

2 Вычислить предел серии Брэкетта.

3 На основании боровской теории водородоподобных систем найти радиус электронной орбиты на пятом уровне в атоме водорода.

4 Какой минимальной кинетической энергией (в эВ) должен обладать водородоподобный ион  $He^+$ , чтобы при неупругом столкновении с другим таким же неподвижным ионом один из ионов перешел в возбужденное состояние?

5 Найти границы спектральной области, в пределах которой расположены линии серии Бальмера атомарного водорода.

6 Заряженный до потенциала 5 В металлический шарик радиуса 2 см облучают светом с длиной волны 200 нм. Красная граница фотоэффекта для этого металла 250 нм. Найти наибольшее расстояние от поверхности шарика, где можно обнаружить фотоэлектроны.

### **Реферат**

#### *Тематика рефератов*

1 Экспериментальные основания квантового подхода к описанию атомных и субатомных систем.

2 Экспериментальные основания для утверждения корпускулярно-волнового дуализма свойств атомных и субатомных систем.

3 Экспериментальные основы построения квантовых оптических генераторов.

### Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

(Вопросы к экзамену.)

1. Предмет и задачи атомной физики. Тепловое излучение: классический и квантовый подход.
2. Экспериментальные данные о строении атома. Спектральные серии водородоподобных систем. Формула Бальмера. Комбинационный принцип Ритца, термы.
3. Классическая модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния альфа-частиц. Планетарная модель атома Резерфорда.
4. Постулаты Бора. Элементарная теория атома водорода Нильса Бора. Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца. Недостатки теории Бора.
5. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение, дифракция электронов, атомов, нейтронов. Опыты Девиссона–Джермера и Томсона.
6. Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Условие возможности одновременного измерения физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
7. Характерные задачи квантовой механики. Движение свободной частицы.
8. Характерные задачи квантовой механики. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме.
9. Характерные задачи квантовой механики. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный порог. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.
10. Характерные задачи квантовой механики. Линейный гармонический осциллятор.
11. Квантово-механическое описание атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Энергетический спектр. Правила отбора. Нормальное состояние атома. Символика состояний электрона в атоме.
12. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное доказательство существования спина, опыты Штерна–Герлаха.
13. Орбитальные магнитный и механический моменты. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.
14. Спектры щелочных металлов. Правила отбора и спектральные серии. Общие принципы описания многоэлектронного атома. Принцип Паули и его квантово-механическая формулировка. Атомные оболочки и подоболочки.
15. Суммарные орбитальный, спиновый и полный моменты многоэлектронного атома. Заполнение электронных оболочек в атомах. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация и правила Хунда.
16. Характеристическое рентгеновское излучение. Серии в спектрах характеристического излучения. Закон Мозли. Особенности спектра поглощения. Тонкая структура рентгеновских спектров.
17. Строение, свойства и спектры молекул. Ионный и ковалентный типы химической связи. Виды движений в молекуле и типы молекулярных спектров.

Классификация электронных состояний молекул. Правило отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах.

18. Элементы квантовой статистики. Системы тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Статистические распределения Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. Электроны в кристаллах. Энергия Ферми. Физические основы сверхпроводимости и сверхтекучести и их квантовая природа.

19. Вынужденное (индуцированное) излучение. Оптические квантовые генераторы (лазеры). Важнейшие типы лазеров. Основные компоненты лазера. Свойства лазерного излучения.

20. Заряд, размеры, и массы ядер. Энергия связи и дефект массы. Квадрупольный электрический момент ядра. Магнитные моменты нуклонов. Спин ядра. Сверхтонкая структура спектральных линий. Изотопический сдвиг.

21. Газоразрядные счетчики. Сцинтилляционные счетчики. Калориметры. Трековые детекторы, камера Вильсона, пузырьковая камера, искровая камера, ядерные фотоэмульсии.

22. Линейные ускорители. Бетатрон. Циклотрон. Фазотрон. Синхротрон. Ускорение нейтронов.

23. Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер распада. Виды и законы распада. Период полураспада, постоянная распада, активность источника.

24. Сечение реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях.

25. Спонтанное и вынужденное деление ядер. Энергия активации. Цепная ядерная реакция. Коэффициент размножения.

26. Синтез легких ядер. Ядерные реакции в звездах. Происхождение химических элементов.

27. Прохождение частиц и гамма-квантов через вещество.. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрические величины.

28. Типы взаимодействия и классификация частиц. Частицы и античастицы. Законы сохранения, регулирующие превращения частиц. Систематика элементарных частиц. Стандартная модель.

### Критерии оценивания результатов обучения

| Оценка  | Критерии оценивания по экзамену  |
|---|--|
| Высокий уровень «5» (отлично)                 | оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. |
| Средний уровень «4» (хорошо)                  | оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.  |
| Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)     | оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.        |
| Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) | оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.   |

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Савельев И.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 3 т. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И. В. – СПб.: Лань, 2018. – 308 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/98247#authors>

2. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.

3. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/94103>

4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Иродов, И.Е. – 11-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 434 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/94101>

**Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».**

### **5.2. Периодическая литература**

В мире науки

Журнал экспериментальной и теоретической физики

Известия российской академии наук. Серия физическая

Инженерно-физический журнал  
Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики  
Успехи физических наук – ежемесячный журнал. Электронная версия журнала:  
аннотации, статьи в формате pdf

### **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

#### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

#### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

#### **Информационные справочные системы:**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

#### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/>.

8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы**

#### **КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

#### ***Общие рекомендации по самостоятельной работе обучающихся***

Атомная и квантовая физика являются отдельными развитыми разделами естественнонаучных знаний с существенной историей и собственными особенностями. Для освоения данной дисциплины необходимо овладеть всеми разделами высшей математики и освоить все разделы фундаментальной физики. Особенностью дисциплины являются набор нигде более не встречающихся понятий квантования и высокая нагруженность математическими расчетами.

При самостоятельной работе следует обращать внимание не только на теоретический материал, воспринимая его во всей полноте, но и на примеры решения задач, которые дадут ключ к пониманию специфических методов и концепций.

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам дисциплины.

Контроль осуществляется посредством выполнения письменных контрольных работ по окончании изучения тем учебной дисциплины.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:



- выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Контроль осуществляется путем проведения опросов студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины. При проведении текущего контроля могут использоваться контрольные вопросы, тестовые задания, задачи. Студентами по изученной дисциплине выполняется ряд контрольных работ.

Промежуточный контроль осуществляется в виде экзамена в конце 4-го семестра. На экзамене студентам предлагается ответить на 2 вопроса по материалам учебной дисциплины и решить задачу. По итогам ответа на экзамене преподаватель оценивает знания студента. Оценка на экзамене является итоговой по дисциплине.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

| Наименование специальных помещений  | Оснащенность специальных помещений  | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа   | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер                                 | MS Windows, MS Office                           |
| Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер                                 | MS Windows, MS Office                           |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных работ (ауд. 225с).  | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: компьютер<br>Оборудование: лабораторные установки и стенды | MS Windows, MS Office                           |

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

| Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся                       | Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся  | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|---|--|---|
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки) | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно- | MS Windows, MS Office                           |

|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
|   | коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)   |                       |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.211с) | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi) | MS Windows, MS Office |